Método heurístico para o problema de corte de estoque unidimensional com sobras aproveitáveis

Letícia Leite Pavanello
UNESP/Bauru, Faculdade de Ciências, Departamento de Matemática
leticia.pavanello@unesp.br

Adriana Cristina Cherri
UNESP/Bauru, Faculdade de Ciências, Departamento de Matemática
adriana.cherri@unesp.br

Introdução

Os problemas de corte de estoque (PCE) consistem no corte de peças grandes (objetos) disponíveis em estoque em um conjunto de peças menores com quantidades e tamanhos especificados, otimizando uma função objetivo. Os PCE possuem diversas aplicações e podem ser vistos no corte de rolos de papel, barras de aço, placas de madeira, entre outros.

Em algumas indústrias, sobras de padrões de corte (maneiras como os objetos podem ser cortados) podem retornar ao estoque para atender demandas futuras, não sendo consideradas perdas no período atual. Esta estratégia de gerar sobras para estoque é conhecida como problema de corte de estoque com sobras aproveitáveis (PCESA).

Arenales et al. (2015) apresentaram um modelo matemático que minimiza a perda resultante do processo de corte unidimensional. As sobras foram tratadas de forma explícita na modelagem, isto é, considerando seus comprimentos e quantidades máximas. Os autores relaxaram a condição de integralidade do modelo proposto e aplicaram o método simplex com geração de colunas de Gilmore e Gomory (1963), obtendo soluções fracionárias.

Neste trabalho é proposta uma heurística de arredondamento para obter soluções inteiras para instâncias do PCESA unidimensional utilizadas em Arenales et al. (2015). A heurística é inicializada a partir da solução ótima contínua obtida com a relaxação linear do modelo matemático.

Desenvolvimento

A heurística proposta consiste na ordenação e arredondamento da frequência dos padrões de corte presentes na solução contínua. O critério de ordenação adotado corresponde ao somatório do número relativo de itens que são cortados no padrão de corte multiplicado pela sua frequência e dividido pela sua respectiva demanda. Caso haja empate, utiliza-se primeiro o padrão com maior frequência. O objetivo deste critério é priorizar os padrões de corte que atendam mais rapidamente a demanda dos itens.

O arredondamento da frequência é executado após a ordenação dos padrões. O valor da frequência do padrão 1 é arredondado para o número inteiro superior ao fracionário obtido. Se a demanda de algum item for excedida, sua frequência é reduzida em uma unidade até que os excessos sejam eliminados. Caso contrário, a frequência é fixada e a demanda é atualizada. O procedimento é repetido para o próximo padrão de corte da lista, até que o último padrão seja analisado.

Finalizada esta etapa, um problema residual é gerado caso a demanda original de todos os itens não tenha sido satisfeita. Resolve-se então este novo problema utilizando o modelo de Arenales et al. (2015), obtendo uma solução contínua que deve ser arredondada de acordo com o processo de arredondamento descrito anteriormente. Este procedimento é repetido até que a demanda residual seja nula. Vale ressaltar que caso a demanda residual apresente itens com pouca unidade, padrões homogêneos serão utilizados,o que pode resultar em uma discrepância entre a perda da solução contínua e da solução inteira.

Testes computacionais

Os testes computacionais foram realizados com instâncias utilizadas em Arenales et al. (2015) que consideram apenas um tipo de objeto padronizado em estoque com comprimento igual a 1000 e disponibilidade suficiente para atender à demanda. Três tipos de sobras foram considerados, com comprimentos iguais a a 400, 500 e 600. Não foram consideradas sobras em estoque inicialmente e a quantidade máxima de possíveis sobras geradas variou nos valores U = [0, 3, 6, 9, 12].

As instâncias foram classificadas em 6 classes de acordo com o número e o tamanho dos itens. Foram considerados 15 tipos de itens, que foram classificados como médios (M) quando seu comprimento foi gerado no intervalo [140, 400], ou como grandes (G) quando o comprimento foi gerado no intervalo [300, 700]. As demandas foram classificadas como Baixa (B), Média (M) ou Alta (A), geradas nos intervalos [1, 10], [10, 50] e [50, 300], respectivamente. Assim, a classe [M,A] corresponde aos itens de tamanho médio com alta demanda. O número de instâncias por classe foi fixado em 50.

Os testes computacionais foram executados em um computador com processador Intel Core i5-5200U @2.20 GHz com 8GB de memória RAM. As instâncias foram resolvidas utilizando o solver IBM ILOG CPLEX Optmization Studio 12.9 em C++. O tempo de obtenção da solução inteira foi limitado em 100 segundos.

A Figura 1 apresenta a comparação entre as perdas médias das soluções contínuas e inteiras para as 6 classes consideradas.

	U = 0		U = 3		U = 6		U = 12	
CLASSES	**contínua**	**inteira**	**Contínua**	**inteira**	**Contínua**	**Inteira**	**contínua**	**inteira**
[M,B]	134,86	1860	124,76	1928	120,08	2004	118,431	2168
[M,M]	634,1	3230	614,23	3928	598,50	3877	576,04	4015
[M,A]	3602,73	6980	3593,09	7059	3584,72	7219	3566,7	7648
[G,B]	6961,67	7104	6335,01	6872	5891,67	6662	5243,54	6324
[G,M]	39541,7	34794	38830,3	39438	38137	39000	36787	37718
[G,A]	210968	211131	210154	210727	209353	210179	207775	208626

Figura 1: Perda média das soluções contínuas e inteiras obtidas em Arenales et al. (2015) e pela heurística, respectivamente

As soluções obtidas demonstraram que a heurística proposta apresenta bom desempenho para as classes de itens grandes. Na classe [GB] para U = 0, por exemplo, a diferença percentual entre as perdas das soluções ficou em 2%, enquanto na classe [MB] para U = 0 a diferença foi de 1279%. Isto pode ser explicado pois padrões de corte homogêneos utilizados pela heurística já estão naturalmente presentes nas soluções contínuas de itens grandes, enquanto para itens médios isso dificilmente ocorre. Com relação a variação da demanda, não foram observados padrões de comportamento que afetassem as classes.

Conclusões e trabalhos futuros

Neste trabalho foi proposto uma heurística para obtenção de soluções inteiras para instâncias do PCESA. Os testes, realizados com instâncias da literatura e diferentes classes, demonstraram que a eficiência da heurística pode variar de acordo com o tamanho dos itens. Itens grandes apresentam poucas combinações e isto pode causar prejuízo para o uso de padrões homogêneos para solucionar a demanda residual.

Ainda, observa-se que a relação entre o aumento do limite de sobras que podem ser geradas (U) e a diminuição da perda, presente na solução contínua, não é preservada na solução inteira obtida através do procedimento de arredondamento. Isto acontece por conta do critério de ordenação adotado, que toma como prioridade os padrões de corte que atendem mais rapidamente a demanda do período atual, sem se preocupar com a geração de sobras para demandas futuras.

Para estudos futuros recomenda-se o aprimoramento da heurística e a exploração de diferentes critérios de ordenação pré-arredondamento. Além disso, é sugerida a aplicação de testes em instâncias em que o tamanho dos itens seja heterogêneo, misturando itens médios e grandes.

Agradecimentos
À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP – Processo 2018/13972-4) pela credibilidade e apoio financeiro.

Referências
ARENALES, M. N.; CHERRI, A. C.; NASCIMENTO, D. N.; VIANNA, A. A new mathematical model for the cutting stock/leftover problem. *Pesquisa Operacional*, v. 35, n. 3, p. 509-522, 2015.

GILMORE, P. C., GOMORY, R. E., A linear programming approach to the cutting stock problem – Part II. *Operations Research*, 11: 863-888, 1963.